

## ÇİFTLİK HAYVANLARINDA KAS LİFİ SINIFLANDIRMA METOTLARI

Uğur ŞEN<sup>1</sup>

### Özet

Çiftlik hayvanlarında (sığır, koyun, kanatlı ve tavşan) kas lifi özellikleri et kalitesi üzerine anahtar bir rol oynamaktadır. Lif tiplerinin kas kütlesi içerisindeki oranı etin kalitesini etkileyebilmektedir. Bu sebeple kas kütlesi içerisindeki liflerin tip ve oranının belirlenmesi et kalitesi açısından önem arz etmektedir. Kas lifi tiplerinin farklı sınıflandırılma metodları bulunmaktadır. Morfolojik, fizyolojik ve histokimyasal özelliklerine göre farklılıklar gösteren kas lifi tiplerinin belirlenmesinde histokimyasal ve immunohistokimyasal boyama teknikleri kullanılmaktadır. En güvenilir ve yaygın olarak kullanılan histokimyasal boyama tekniğidir. Temel olarak kas lifleri metabolik (oksidatif veya glikolitik) ve fiziksel (hızlı veya yavaş kasılma) aktivitelerine göre sınıflandırılmaktadır. Metabolik aktivitenin belirlenmesinde succinatedehidrogenaz (SDH) veya nicotinanide adenine dinucleotide-tetrazolium reductase (NADH-TR), fizyolojik aktivitenin belirlenmesinde adenozin trifosfataz (ATPase) veya amylophosphorylase (AP) histokimyasal boyama yöntemleri kullanılır. Bu yöntemlere göre belirlenen kas lifleri; Kırmızı, beyaz ve ara form; Tip A, Tip B ve Tip C; Tip I, Tip IIA ve Tip IIB-C;  $\alpha$ -Kırmızı,  $\beta$ -Kırmızı ve  $\alpha$ -Beyaz; yavaş kasılan oksidatif, hızlı kasılan oksido-glikolitik ve hızlı kasılan glikolitik kas lifi olmak üzere farklı gruplar içerisinde tanımlanmaktadır. Sonuç olarak etin gevrekliği ve aroması üzerine etkili olabilen kas lifi özelliklerinin belirlenip sınıflandırılması et kalitesinin belirlenmesi açısından önem arz etmektedir. Dolayısıyla, bu derlemenin amacı çeşitli histokimyasal boyama teknikleri kullanılarak belirlenen kas liflerinin sınıflandırılma sistemlerini açıklamaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Histokimyasal boyama, Kas lifi, Sınıflandırma, Et kalitesi

### Methods for Classifying Muscle Fibers in Farm Animals

### Abstract

In farm animals (bovine, ovine, poultry and rabbit), muscle fiber characteristics play a key role in meat quality. The ratio of muscle fiber types in muscle mass can affect meat quality. For this reason, muscle fiber types and proportions in muscle tissue are important for determination of meat quality. There are different classification methods for muscle fibers. To determine the type of muscle fibers which have different morphological, physiological and histochemical characteristics, histochemical and immunohistochemical staining techniques are used. The most reliable and widely used method is histochemical staining technique. Basically the muscle fibers are classified as metabolic (oxidative or glycolytic) and physical (fast or slow contraction) activities. Succinatedehidrogenaz (SDH) or Nicotinanide adenine dinucleotide-Tetrazolium reductase (NADH-TR) staining methods are also used to determine metabolic activities. Adenozin trifosfataz (ATPase) or Amylophosphorylase (AP) staining methods are used to determine physiological activities. Classification based on this method result in different muscle fiber groups such as; Red, white and intermediate; Type A, B and C; Type I, IIA and IIB;  $\alpha$ -Red,  $\beta$ -Red and  $\alpha$ -White; slow-twitch oxidative (SO), fast-twitch oxido-glycolytic (FOG) and fast twitch glycolytic (FG) muscle fibers. In conclusion the characteristics of muscle fiber that may have effect on tenderness and flavor of meat are important to determine meat quality. Therefore the purpose of this review is to explain classification methods by various techniques such as histochemical staining of muscle fibers to reveal the classified system.

**Key Words:** Histochemical stains, Muscle fiber, Classifying, Meat quality

## GİRİŞ

Genel olarak tüm kas dokusu, embriyoda somit denen yapıların miyotomları oluşturması ve miyotomların birleşerek oluşturdukları mezoderm dokudan gelişmektedir (Picard ve ark. 2002). Çizgili kas dokusu oluşurken önce mezoderm doku içerisindeki mezenşim hücreleri farklılaşır ve pro-myoblastları oluştururlar. Pro-myoblastlar mitozla çoğalıp birleşerek erken myositleri oluşturmada ve erken myositler gelişerek çizgili kas hücrelerini oluşturmaktadır (Maltin ve ark. 2001). Fötal dönemde çizgili kas dokusu primer ve sekonder olmak üzere iki çeşit kas lifi içermektedir (Nissen ve ark. 2003, Kuran

ve ark. 2008a). Bu kas lifleri gebeliğin son döneminde veya doğum itibarıyla farklılaşarak çeşitli şekillerde isimlendirilmektedirler.

Çiftlik hayvanlarında (sığır, koyun, kanatlı ve tavşan) kas lifi özellikleri et kalitesi üzerine anahtar bir rol oynamakta, özellikle etin gevrekliği ve aroması ile yüksek oranda ilişkilendirilmektedir (Klont ve ark. 1998). Koyunlarda yapılan bir çalışmada, oksidatif aktiviteye sahip kas liflerinin yüksek sayıda olmasının kas kütlesinde daha fazla yağ birikimine neden olduğu ve bunun etin aromasını doğrudan etkilediği tespit edilmiştir (Valin 1988). Sığır ve domuz üzerinde yapılan çalışmalarda ise kas lifi çapı ile etin gevrekliği arasında negatif bir korelasyon olduğu

<sup>1</sup>Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, 40100, Aşkpaşa, Kırşehir

gözlemlenmiştir (Rehfeldt ve ark. 2000, Renand ve ark. 2001). Ayrıca kas kütleindeki glikolitik aktiviteye sahip kas liflerinin sayısındaki artış kesim sonrası pH düşüşünü hızlandıracağından etin rengini değiştirerek tüketici tercihleri açısından etin kalitesini etkileyebilmektedir (Valin 1988, Picard ve ark. 1996).

İskelet kas liflerinin kasılma özellikleri, enerji metabolizması ve renk bakımından farklılık göstermesi sebebiyle kas kütlesi içinde heterojen bir yapıya sahiptirler (Picard ve ark. 1996). Ayrıca lif tipleri morfolojik, fizyolojik ve histokimyasal özelliklerine göre de farklılıklar göstermektedir (Şirin ve ark. 2011, Şen ve ark. 2015). Histokimyasal yaklaşımlarda temel alınan çeşitli metotlar farklı lif tiplerini belirlemek üzere ileri sürülmüştür. Temel olarak kas lifleri metabolik (oksidatif veya glikolitik) ve fiziksel (hızlı veya yavaş kasılma) aktivitelerine göre sınıflandırılmaktadır (Dubowitz ve Pearse 1960). Metabolik aktivitenin belirlenmesinde succinatedehidrogenaz (SDH) veya nicotinanide adenine dinucleotide-tetrazolium reductase (NADH-TR), fizyolojik aktivitenin belirlenmesinde ise adenozin trifosfat (ATPase) veya amylophosphorylase (AP) enzim reaksiyonları kullanılmaktadır (Picard ve ark. 2002). Bu histokimyasal boyama işlemleri esnasında inkübasyon solüsyonunun pH değeri değiştirilerek reaksiyonun spektrumu genişletilebilir (Carnwath ve Shotton 1987).

Kas lifleri farklı araştırmacılar tarafından farklı isimlere göre sınıflandırılmaktadır (Çizelge 1). Mevcut sınıflandırmalara rağmen, kas lifi tiplerinin sınıflandırılması hala belirgin ve açık değildir. Bunun nedeni kas lifleri üzerine yapılan çalışmalar arttıkça yeni lif tiplerinin ortaya çıkmasından kaynaklanmaktadır. Örneğin koyunlarda yapılan birçok çalışmada Tip IIA ve Tip IIB kas lifleri arasındaki farklılıkların sınıflandırılmasında hala güçlükler yaşanabilmektedir (Peinado ark. 2004, Şirin ve ark. 2011, Şen ve ark. 2015).

Bütün bu sorunlar farklı metotların birbirleri ile kombine edilmesiyle giderilebilir. Bu derlemenin amacı et kalitesi üzerine etkili olan farklı kas lifi tiplerinin (histokimyasal boyama metotları ile belirlenen) sınıflandırılmasında kullanılan metotların

açıklanmasıdır.

### Kırmızı, Beyaz ve Ara form Kas Lifleri

Kırmızı, beyaz ve ara form kas lifi terimi ilk kez Moddy ve Cassens (1968) tarafından kullanılmıştır. Bu sınıflandırma kas liflerinin morfolojik ve fizyolojik farklılıklarından kaynaklanan kırmızı ve beyaz renkte görünmeleri üzerine kas liflerini tanımlamak için yapılmıştır. Bu sınıflandırmada kas lifleri arasındaki farklılıklar sahip oldukları oksidatif ve glikolitik aktivitenin üstünlüğüne göre belirlenmiştir. Kırmızı kas lifleri uyarıldıklarında yavaş kasılma özelliğindedirler ve kasılma esnasında beyaz kas lifleri ile kıyaslandığında daha yüksek oksidatif aktiviteye sahip olmaktadırlar. Beyaz kas lifleri ise uyarıldıklarında hızlı kasılma özelliğinde olduklarından dolayı düşük oranda oksidatif ve yüksek oranda glikolitik aktiviteye sahiptirler. Öte yandan ara form içerisindeki kas lifleri uyarıldıklarında kırmızı ve beyaz kas lifleri arasında bir kasılma gösterip hem oksidatif hem de glikolitik aktiviteye sahiptirler (Dubowitz ve Pearse 1960). Kırmızı ve beyaz kas lifleri histokimyasal olarak oksidatif ve glikolitik boyama sonucu gösterdikleri aktivite ile tanımlanmaktadırlar. Kırmızı ve beyaz kas liflerini belirlemek için en yaygın olarak nicotinanide adenine dinucleotide-tetrazolium reductase (NADH-TR) oksidatif histokimyasal boyama reaksiyonu kullanılmaktadır. Kırmızı kas lifleri beyaz kas liflerine göre çok daha fazla oksidatif aktiviteye sahip oldukları için NADH-TR histokimyasal boyamaya çok daha fazla reaksiyon gösterir. Bunun yanında amylophosphorylase (AP) ise glikolitik aktiviteyi belirlemek için kullanılan histokimyasal boyamadır. Beyaz kas liflerinde glikojen sentezi kırmızı kas liflerinden çok daha yüksek olduğu için AP histokimyasal boyamalara çok daha fazla reaksiyon gösterir. Domuzlarda yapılan bir çalışmada NADH-TR ve AP histokimyasal boyamalarda kırmızı ve beyaz kas liflerinin diğer türlerdekinden daha belirgin olduğunu belirlemişlerdir (Cassens ve Cooper 1971). Kırmızı ve beyaz kas liflerinin bazı enzimatik aktiviteleri ile biyokimyasal ve fiziksel özellikleri Çizelge 2 ve 3'de özetlenmiştir.

**Çizelge 1.** Koyunlarda kas lifi tiplerinin bazı araştırmacılar tarafından sınıflandırılması (Peinado ark., 2004).

Moddy ve Cassens (1968)	Kırmızı	Ara form	Beyaz
Ashmore ve Doerr (1971); Solomon ve ark. (1981); Whipple ve Koohmaraie (1992)	$\beta$ Kırmızı	$\alpha$ Kırmızı	$\alpha$ Beyaz
Suzuki (1971)	C	A	B
White ve ark. (1978)	I	IIA	IIB
Suzuki ve Cassens (1983)	IC, I D	IIA	IIB
Carpenter ve ark. (1996)	YO	HOG	HG
Suzuki (1995)	So1, SO2	HOG	HG
Menzel (1999a,b)	YO	HO	HG

**Çizelge 2.** Kırmızı ve Beyaz Kas Liflerinin Bazı Enzimatik Aktiviteleri (Pearson ve Young, 1989).

Özellikler	Kırmızı	Beyaz
NADH-TR	Yüksek	Düşük
ATPase	Düşük	Yüksek
AP	Düşük	Yüksek
Glikojen sentezi	Yüksek	Düşük
Phosphofruktokinase	Düşük	Yüksek
Lactate dehydrogenase	Düşük	Yüksek
Lipaz	Yüksek	Düşük

*NADH-TR = nicotinanide adenine dimucleotide-tetrazolium reductase, ATPase = adenzin trifosfataz, AP= amylophosphorylase*

**Çizelge 3.** Kırmızı ve beyaz kas liflerinin bazı biyokimyasal ve fiziksel özellikleri (Pearson ve Young, 1989).

Özellikler	Kırmızı Kas Lifi	Beyaz Kas Lifi
Miyogloblin içeriği	Yüksek	Düşük
Bağ doku içeriği	Düşük	Yüksek
Glikojen içeriği	Düşük	Yüksek
Lipit içeriği	Yüksek	Düşük
ATP içeriği	Düşük	Yüksek
Lif büyüklüğü	Küçük	Büyük
Kan ihtiyacı	Çok	Az
RNA içeriği	Yüksek	Düşük
Sarkoplazmik retikulum	Az	Çok
Kalsiyum içeriği	Yüksek	Düşük
Mitokondri sayısı	Yüksek	Düşük
Kasılma	Yavaş	Hızlı
Gevşeme	Yavaş	Hızlı
Sinir bağlantısı	Yüzeysel	Derin

#### **Tip A, Tip B ve Tip C Kas Lifleri**

Stein ve Padykula (1962) tavşan ve ratların Soleus ve Gastrocnemius kasları üzerinde yaptıkları çalışmalar sonrasında kas liflerini Tip A, Tip B ve Tip C olmak üzere üç tip içerisinde sınıflandırmışlardır. Bu sınıflandırma temel olarak glikojenin histokimyasal boyanması üzerine dayandırılmıştır. Kas lifleri SDH, ATPase ve nonspesifikesterase reaksiyonlarına verdikleri tepkilere göre belirlenip sınıflandırılmışlardır (Stein ve Padykula 1962, Suzuki 1971). Bu sistemde Tip A, Tip B ve Tip C kas liflerinden Tip B ve C kırmızı kas liflerini temsil ederken Tip A kas lifi beyaz kas liflerini temsil etmektedir. Ancak bu sistemde kas kütlelerinin içerisindeki kas liflerinin yaklaşık %26'sının hangi tip içerisine girdiği belirlenmemektedir (Stein ve Padykula 1962).

Bu sınıflandırma sisteminde kas lifi tipini belirleyen kriterlerin her bir kas kütlelerinde farklılık göstermesi sınıflandırmada güçlükler yaşanmasına

neden olmuştur. Bunun nedeninin kas lifi bileşenlerinin yanında her bir kas kütlelerinin sahip olduğu biyokimyasal ve fiziksel farklılıktan kaynaklandığı ileri sürülmüştür (Picard ve ark. 2002). Bu nedenle Stein ve Padykula (1962) kırmızı, beyaz ve araform kas liflerinin sınıflandırılmasında kullanılan araform terimini kullanımından özellikle kaçınmışlardır.

Yellin (1969) ratlarda Tip A, Tip B ve Tip C kas liflerinin SDH ve phosphorylase histokimyasal boyama reaksiyonlarına verdiği tepkileri incelemiş ve Tip A kas lifinin yüksek oksidatif düşük glikolitik enzim aktivitesine sahip olduğunu tespit etmiştir. Tip B kas lifinin ise orta seviyede oksidatif ve düşük seviyede glikolitik enzim aktivitesine sahip olduğunu belirlemiştir. Öte yandan Tip C kas lifinin yüksek oksidatif ve orta seviyede glikolitik enzim aktivitesine sahip olduğunu belirlemiştir.

Nyström (1968) Gastrocnemius kası üzerinde yaptığı çalışmada SDH ve NADH-TR histokimyasal

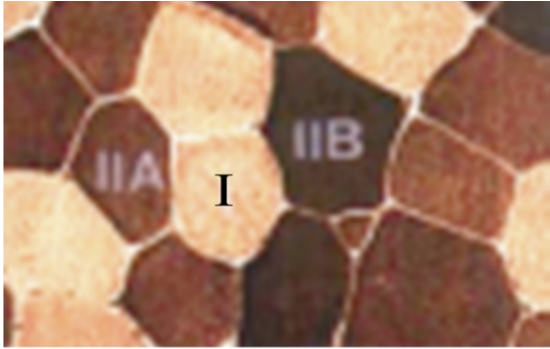
boyamaları sonucunda Tip C kas liflerinin koyu renkte ATPase ve AP boyamaları sonucunda açık renkte olduğunu Tip A kas lifinin ise tersi renkte olduğunu Tip B kas liflerinin Tip C kas liflerine benzer eğilimde olduğunu belirlemiştir.

#### Tip I kas, Tip IIA ve Tip IIB Kas Lifleri

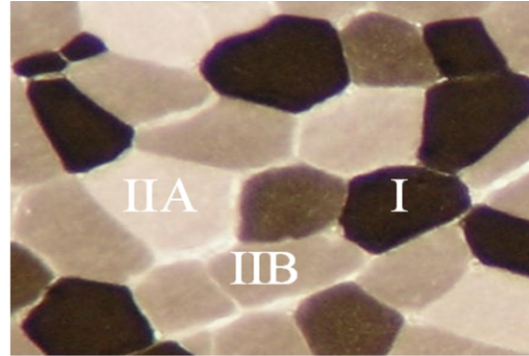
Peter ve ark. (1972) domuz ve tavşan iskelet kasları üzerine yaptığı çalışmalarda kas liflerini Tip I, Tip II A ve Tip II B olmak üzere üç tip içerisinde sınıflandırmışlardır. Bu sınıflandırma ilerleyen yıllarda kas lifi tipleri sınıflandırmasının temelini oluşturmuştur. Bu sınıflandırma sisteminde kas lifleri kasılma hızı, oksidatif kapasite ve glikolitik kapasite olmak üzere üç temel özelliğe göre sınıflandırılmaktadır (Şirin ve ark. 2008). Bu özelliklere göre kas lifleri hızlı kasılan glikolitik, hızlı kasılan oksido-glikolitik ve yavaş kasılan oksidatif kas lifleri olmak üzere üç tipe ayrılırlar (Peter ve ark. 1972, White ve ark. 1978). Bu sistemde kırmızı diye tanımlanan kas lifleri hızlı veya yavaş kasılan yada oksidatif veya oksido-glikolitik olarak tanımlanabilir (Peter ve ark. 1972). Miyofibrillar ATPase histokimyasal boyama işlemi esnasında inkübasyon solüsyonunun pH değeri değiştirilerek iki farklı türde analiz yapılabilmektedir (Picard ve ark. 2002, Kuran ve ark. 2008c). Birincisi asidik (pH 4.6) ATPase, diğeri ise alkalın (pH 9.4) ATPase boyama işlemidir. Bu iki analiz yönteminin temel farkı kas liflerinin

boyanmasında farklı renklerin ortaya çıkmasıdır (Carnwath ve Shotton 1987, Kuran ve ark. 2008b,c). İnkübasyon solüsyonunun pH'sı alkalın seviyelere çekilirse Tip I beyaz, Tip IIA açık kahverengi ve Tip IIB koyu kahverengi veya siyah renkte görülür (Şekil 1). İnkübasyon solüsyonunun pH'sı asidik seviyelere çekilirse Tip I kas lifleri koyu kahve veya siyah, Tip IIA kas lifleri beyaz ve Tip IIB kas lifleri açık kahverengi görülür (Şekil 2).

Koyu veya siyah renkteki Tip I kas lifleri yüksek oranda oksidatif aktiviteye ve çok zayıf glikolitik aktiviteye sahip olmakla beraber uyarıldıklarında yavaş ve uzun süreli kasılma göstermektedirler. Açık renkteki Tip II A kas lifleri yüksek oranda glikolitik ve çok zayıf oksidatif aktiviteye sahip olmakla birlikte uyarıldıklarında güçlü ve kısa süreli kasılma göstermektedirler. Kahverengi olan Tip II B kas lifleri ise hem oksidatif hemde glikolitik aktiviteye sahip olup uyarıldıklarında diğeri iki kas lifinin arasında bir güçte ve sürede kasılma gösterirler (Broke ve Kaiser 1970, Kuran ve ark. 2012). Tip I, Tip II A ve Tip II B kas liflerine ek olarak Salviati ve ark. (1982) tavşan kasında Tip IIC kas lifini tespit etmiştir. Tip IIC kas lifi hızlı ve yavaş kasılma gösterebilen araform bir kas lifi olarak tanımlanmıştır. Bu yüzden Tip IIC kas lifi Tip IIA kas lifinin bir alt çeşidi olarak görülmektedir. Tip I, Tip II A ve Tip II B kas liflerinin bazı biyokimyasal ve fiziksel özellikleri Çizelge 4'de özetlenmiştir.



Şekil 1. Alkalın mATPase boyama



Şekil 2. Asidik mATPase boyama

Çizelge 4. . Tip I, tip IIA ve tip II B kas liflerinin bazı metabolik ve fiziksel özellikleri (Pearson ve Young, 1989).

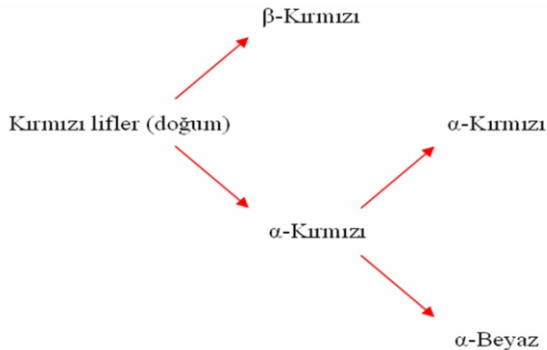
Özellikler	Tip I	Tip IIA	Tip IIB
Kasılma tipi	Yavaş	Hızlı	Çok Hızlı
Motor nöronların boyutu	Küçük	Büyük	Çok büyük
Aktivite kullanımı	Aerobik	Uzun Dönem Anaerobik	Kısa Dönem Anaerobik
Güç üretimi	Düşük	Yüksek	Çok Yüksek
Mitokondri yoğunluğu	Yüksek	Yüksek	Düşük
Enzimatik özellikler			
Myosin ATPase	Düşük	Yüksek	Yüksek
Oksidatif	Yüksek	Orta	Düşük
Glikolitik	Düşük	Orta	Yüksek



### $\alpha$ -Kırmızı, $\beta$ -Kırmızı ve $\alpha$ -Beyaz Kas Lifleri

Ashmore ve Doerr (1971) çeşitli türlerin iskelet kasları üzerine yaptığı çalışmalar sonucunda; liflerin SDH ve ATPase boyamalarına gösterdikleri reaksiyonları kombine ederek lifleri üç farklı tip içerisinde sınıflandırmışlardır. Bu sisteme göre beyaz kas lifleri düşük, kırmızı kas lifleri güçlü bir SDH aktivitesi göstermektedir. Ayrıca ATPase boyamaya gösterdikleri reaksiyonlara göre kas lifleri hızlı ( $\alpha$ ) ve yavaş ( $\beta$ ) olarak da isimlendirilmiştir. Bütün bu durumlar göz önüne alınarak kas lifleri  $\alpha$ -Kırmızı (hızlı kasılan-oksidoglikolitik),  $\beta$ -Kırmızı (yavaş kasılan-oksidatif) ve  $\alpha$ -Beyaz (hızlı kasılan-glikolitik) kas lifleri olmak üzere üç tip içerisinde sınıflandırmışlardır (Ashmore ve Doerr 1971, Solomon ve ark. 1981).

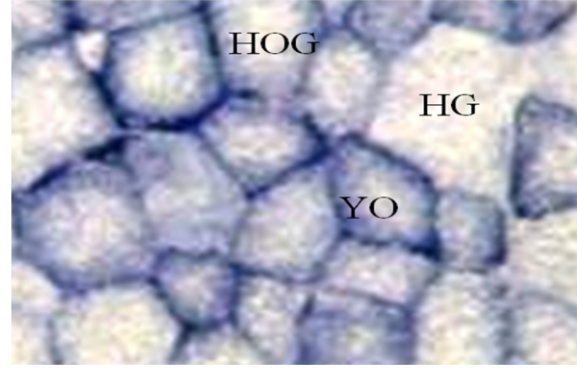
Doğumda kas kütlesi içerisindeki liflerin büyük bir kısmı kırmızı kas lifi veya yüksek oranda SDH aktiviteye sahip kas lifleridir (Ashmore ve Doerr 1971, Solomon ve ark. 1981). Fakat bu kas liflerinin bazıları yüksek kasılma bazıları ise düşük kasılma faaliyetine sahiptirler (Ashmore ve Doerr 1971, Solomon ve ark. 1981). Bu nedenle Ashmore ve Doerr (1971)  $\beta$ -Kırmızı kas liflerini gerçek kırmızı kas lifleri,  $\alpha$ -Kırmızı kas liflerini ise ya  $\alpha$ -Kırmızı kas lifleridir ya da  $\alpha$ -Beyaz kırmızı kas lifleri olarak tanımlamışlardır (Şekil 3). Sonuç olarak  $\alpha$ -Kırmızı kas lifleri yüksek kasılma faaliyetine ve yüksek SDH aktivitesine,  $\beta$ -Kırmızı kas lifleri düşük kasılma faaliyetine ve yüksek SDH aktivitesine sahiptirler.  $\alpha$ -Beyaz kas lifleri ise düşük kasılma faaliyetine ve orta seviyede SDH aktivitesine sahiptirler. Ashmore ve Doerr (1971) ileri sürdüğü  $\alpha$ -Kırmızı,  $\beta$ -Kırmızı ve  $\alpha$ -Beyaz kas lifi sınıflandırması Tip I, Tip II A ve Tip II B kas lifi sınıflandırmasına benzemesine rağmen, hayvanın doğum öncesi ve sonrası lif tipi değişimini Tip I, Tip II A ve Tip II B kas lifi sınıflandırması daha net açıklayabilmektedir.  $\alpha$ -Kırmızı,  $\beta$ -Kırmızı ve  $\alpha$ -Beyaz kas liflerinin bazı biyokimyasal ve fiziksel özellikleri Çizelge 5'de özetlenmiştir.



Şekil 3.  $\alpha$ ,  $\beta$ -Kırmızı ve  $\alpha$ -Beyaz kas liflerinin sınıflandırılması (Ashmore ve Doerr, 1971).

### Yavaş Kasılan Oksidatif, Hızlı Kasılan Oksido-Glikolitik ve Hızlı Kasılan Glikolitik Kas lifleri

Barnard ve ark. (1971) ve Peter ve ark. (1972) metabolik enzim temelli (SDH) ve mATPase-temelli histokimyasal boyama metotlarını birleştirerek kas liflerini yavaş kasılan oksidatif (YO), hızlı kasılan oksido-glikolitik (HOG) ve hızlı kasılan glikolitik (HG) olmak üzere üç tipe ayırmışlardır (Şekil 4).



Şekil 4. SDH histokimyasal boyama ile belirlenen YO, HOG, HG kas liflerinin görünümü.

YO kas lifleri uyarıldıklarında yavaş ve uzun süreli kasılma göstermektedirler (Carpenter ve ark. 1996). Yüksek miktarda mitokondri içerdiklerinden dolayı ATP'yi yavaş bir şekilde parçalamaktadır. YO kas lifleri metabolik enzim temelli SDH histokimyasal boyamaya yüksek oranda reaksiyon verdikleri için bu boyama sonunda koyu renk almaktadırlar (Barnard ve ark. 1971, Peter ve ark. 1972, Kuran ve ark., 2008c, Şirin ve ark. 2009, Sen ve ark. 2015). HG kas lifleri uyarıya karşı hızlı bir cevap verirler. Bu kas lifleri yüksek güçte kasılma özelliğinde olduklarından dolayı yüksek miyosin ATP aktivitesine sahiptirler. HG kas lifleri az miktarda mitokondri ve yüksek oranda ATP içermektedirler. Bu kas lifleri hızlı ve güçlü kasılma yaptıklarından dolayı çabuk yorulmaktadır. HG kas lifleri metabolik enzim temelli SDH histokimyasal boyamaya düşük miktarda mitokondriye sahip olduğu için düşük reaksiyon vermekte ve bu boyama sonunda açık renk almaktadırlar (Barnard ve ark. 1971, Peter ve ark. 1972, Kuran ve ark. 2008c). HGO kas lifleri ise hem fiziksel hemde metabolik açıdan diğer iki tipin arasında bir özelliğe sahiptir (Barnard ve ark. 1971, Peter ve ark. 1972). YO, HOG ve HG kas liflerinin bazı biyokimyasal ve fiziksel özellikleri Çizelge 5'de özetlenmiştir.

**Çizelge 5.** Farklı kas liflerinin bazı metabolik ve fiziksel özellikleri. (a) Ashmore ve Doerr (1971) adlandırması, (b) Barnard ve ark. (1971), Peter ve ark. (1972) adlandırması.

	Kas Lifi Tipleri			
	<sup>a</sup>	$\beta$ -Kırmızı	$\alpha$ -Kırmızı	$\alpha$ -Beyaz
	<sup>b</sup>	YO	HOG	HG
<b>Fizyoloji</b>				
Motor nöronların boyutu		Küçük	Büyük	Çok büyük
Kasılma tipi		Yavaş	Hızlı	Çok Hızlı
Güç üretimi		Düşük	Yüksek	Çok Yüksek
<b>Morfoloji</b>				
Renk		Kırmızı	Kırmızı	Beyaz
Myogloblin		Yüksek	Yüksek	Düşük
Mitokondri yoğunluğu		Yüksek	Yüksek	Düşük
<b>Metabolit</b>				
Glikojen		Düşük	Yüksek	Yüksek
Lipid		Yüksek	Yüksek	Düşük
<b>Enzimatik özellikler</b>				
Myosin ATPase		Düşük	Yüksek	Yüksek
Oksidatif metabolizma		Düşük	Orta	Yüksek
Glikolitik metabolizma		Yüksek	Orta	Düşük

YO = yavaş kasılan oksidatif, HOG = hızlı kasılan oksido-glikolitik, HG = hızlı kasılan glikolitik.

Çiftlik hayvanlarında et kalitesinin kontrolü hem tüketicilerin gereksinimlerini karşılamak hem de üreticilerin sürekli olarak iyi ürün üretmesi ve ürettikleri ürünleri pazarlayabilmesi açısından büyük önem arz etmektedir. Günümüzde etin duyuşal açıdan kalitesinin belirlenmesiyle ilgili yapılan çalışmalarındaki farklı stratejiler ile (besleme, yetiştirme, yaş vb.) etin kalitesi artırılmaya çalışılmaktadır. Bu çalışmalarda gebeliğin farklı dönemlerinde uygulanan farklı muamelelerle doğacak olan yavrunun ergin dönemdeki iskelet kas kütlelerinin bileşenleri (bağ doku miktarı, kas lifleri, yağlar ve enzimler) etkilenmeye çalışılarak et kalitesi artırılmaya çalışılmıştır. Kas liflerinin et kalitesi üzerine sahip olduğu etkilerden dolayı kas kütlelerinin sahip olduğu kas lifi popülasyonundaki kas lif tiplerinin belirlenmesi ve bunların oranlarının tespit edilmesi gerekmektedir. Kas lifi tiplerinin farklı sınıflandırılma metodları bulunmaktadır. Bu durum kas liflerinin tanımlanmasında sıkıntılar yaşanmasına neden olabilmektedir. Farklı sınıflandırmalar içerisinde belirlenen kas lifleri genel olarak benzer fizyolojik ve metabolik özelliklere sahiptirler. Ancak kullanılan türler ve metotlar arasındaki bazı farklılıklar sınıflandırılan kas liflerinin özelliklerine de yansımıştır. Sonuç olarak etin gevrekliği üzerine etkili olan fizyolojik aktivitelerinin (hızlı veya yavaş kasılma) belirlenmesinde Tip I, Tip II A ve Tip II B kas lifi sınıflandırma metodu (Picard ve ark., 2002), etin aroması üzerine etkili olan metabolik (oksidatif veya

glikolitik) aktivitelerinin belirlenmesinde YO, HOG ve HG sınıflandırma metodu (Picard ve ark., 2002) en güvenilir ve yaygın olarak kullanılan sınıflandırma metodları olarak kullanılmalıdır.

#### KAYNAKLAR

- Ashmore CR, Doerr L (1971) Comparative aspects of muscle fiber types in different species. *Experimental. Neurol* 31: 431-438.
- Barnard RJ, Edgerton VR, Furukawa T, Peter JB (1971) Histochemical, biochemical and contractile properties of red, white and intermediate fibres. *Am J Physiol* 220: 410-414.
- Broke MM, Keiser K (1970) Muscle fiber type; How many and what kind? *Arc Neurol* 23: 369-370.
- Carnwath JW, Shotton DM (1987) Muscular dystrophy in the Mdx mouse: Histopathology of the soleus and extensor digitorum longus muscles. *J Neurol Sci* 80: 39-54.
- Carpenter CE, Rice OD, Cockett NE, Snowden GD (1996) Histology and composition of muscles from normal and callipyge lambs. *J Anim Sci* 74: 388-393.
- Cassens RG, Cooper CC (1971) Red and white muscle. *Adv Food Res* 19: 1-9.
- Dubowitz V, Pearse AGE (1960) Reciprocal relationships of phosphorylase and oxidative enzymes in skeletal muscle. *Nature* 185: 701-710.
- Klont RE, Brocks L, Eikelenboom G (1998) Muscle fiber type and meat quality. *Meat Sci* 49: 219-229.
- Kuran M, Şen U, Şirin E, Aksoy Y, Ulutaş Z (2008a) The effect of maternal feed intake during the peri-

- conception period on myogenesis in fetal sheep. Arch Tierz Dummer 51(SI): 18.
- Kuran M, Şen U, Şirin E, Aksoy Y (2008b) Level of maternal nutrition between day 30 and day 80 of pregnancy affects postnatal muscular development of offspring on day 150. In: Book of Abstracts of 59th Annual Meeting of EAAP, 14: 155.
- Kuran M, Şen U, Şirin E, Ulutaş Z (2012) Maternal undernutrition during mid-pregnancy affects muscle cellular characteristics of lambs. In: Book of Abstracts of 63th Annual Meeting of EAAP, 18: 284.
- Kuran M, Ulutaş Z, Ocak N, Şirin E (2008c) Koyunlarda Ananın Beslenmesinin Kuzuların Post-Natal Kas Lifi Gelişimi ve Et Kalitesine Etkisi. TÜBİTAK-TBAG (105T277, TBAG-U/148) Proje Kesin Sonuç Raporu, Ankara.
- Maltin CA, Delday MI, Sinclair KD, Steven J, Sneddon AA (2001) Impact of manipulations of myogenesis in utero on the performance of adult skeletal muscle. Reprod 122: 359-374.
- Moddy WG, Cassens RG (1968) Histochemical differentiation of red and white muscle fibers. J Anim Sci 27: 961-969.
- Nissen PM, Danielsen VO, Jorgensen PF, Oksbjerg N (2003) Increased maternal nutrition of sows no beneficial effects on muscle fiber number or postnatal growth and has no impact on the meat quality of the offspring. J Anim Sci 81: 3018-3027.
- Nyström B (1968) Histochemistry of developing cat muscles. Acta Neurol Scand 44: 405-513.
- Pearson AM, Young RB (1989) Muscle and Meat Biochemistry. Academic Press, London.
- Peinado B, Latorre R, Vaquez-Auton JM, Poto A, Ramirez G, Lopez-Albors O, Moreno F, Gil F (2004) Histochemical Skeletal Muscle Fibre Types in the Sheep. Anat Histol Embryol 33: 236-243.
- Peter JB, Jeffers RN, Edgerton VR, Gillespie CA, Stempel KE (1972) Metabolic profiles of three fibers types of skeletal muscle in guinea pigs and rabbits. Biochem 11: 2627-2635.
- Picard B, Gagniere H, Geay Y (1996) Contractile differentiation of bovine masseter muscle. Basic Appl Myol 6: 361-372.
- Picard B, Lefaucheur L, Berri C (2002) Muscle fibre ontogenesis in farm animal species. Reprod Nutr Dev 42: 415-431.
- Rehfeldt C, Fiedler I, Dietl G, Ender K (2000) Myogenesis and postnatal skeletal muscle cell growth as influenced by selection. Livest Prod Sci 66: 177-188.
- Renand G, Picard B, Touraille C, Berge P, Lepetit J (2001) Relationship between muscle characteristics and meat quality traits of young Charolais bulls. Meat Sci 59: 49-60.
- Salviati G, Betto R, Betto DD (1982) Polymorphism of myofibrillar proteins rabbits skeletal muscle fibers. An electrophoretic study of single fibers. Biochem J 207: 261-270.
- Şen U, Şirin E, Aksoy Y, Ensoy Ü., Ulutaş Z., Kuran M., 2015. The effect of maternal nutrition level during mid-gestation on post-natal muscle fiber composition and meat quality in lambs. Anim. Prod. Sci., DOI: 10.1071/AN14663.
- Şirin E., Aksoy Y, Şen U, Ulutaş Z, Kuran M (2011) Kuzu doğum ağırlığının semitendinosus kasındaki lif sayısı ve çeşidine etkisi. Anadolu Tar Bil Derg 26: 63-67.
- Şirin E, Sayli Ö, Ulutaş Z, Şen U, Erdoğan SB, Aksoy Y, Akin A, Kuran M (2008) Can functional near infrared spectroscopy (fNIRS) be used for the estimation of the numbers and types of muscle fibres in sheep? Arch Tierz Dummer 51(SI): 45-46.
- Solomon MB, Moody WG, Kemp JP, Ely DG (1981) Effect of breed, slaughter weight and sex on histological properties of ovine muscle. J Anim Sci 52: 1019-1021.
- Stein JM, Padykula HA (1962) Histochemical classification of individual skeletal muscle fiber of rat. American J Anat 110: 103-109.
- Suzuki A (1971) Histochemical classification of individual skeletal muscle fibers in the sheep. I. On M. semitendinosus, M. Longissimus dorsi, M. psoas major, M. latissimus dorsi and M. gastrocnemius. Jap J Zotech Sci 42: 39-54.
- Valin C (1988) Differentiation tissues muscular. Consequences technologies pour filigrée viand. Reprod Nutr Dev 28: 845-856.
- White NA, McGavin MD, Smith JD (1978) Age-related changes in percentage of fiber types and mean fiber diameters of the ovine quadriceps muscles. Am J Vet Res 39: 1297-1302.
- Yellin H (1969) A histochemical study of muscle spindles and their relationships to extrafusil fiber types in rat. Am Jour Anat 125: 31-42.

#### **Sorumlu Yazar**

Uğur ŞEN  
ugur.sen@ahievran.edu.tr

Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,  
Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, 40100,  
Aşkpaşa, Kırşehir

Geliş Tarihi : 13.06.2015

Kabul Tarihi : 07.10.2015